

# CROISSANCE ET SPECTRE DE TAILLES DE SIX ALGUES UTILISÉES POUR LA NUTRITION DE LARVES DE BIVALVES EN ÉCLOSERIE, EN CULTURE NON RENOUVELÉE

René ROBERT et Edouard HIS

IFREMER, quai du Commandant-Silhouette,  
33120 Arcachon, France.

## Abstract

GROWTH AND SIZE FREQUENCY DISTRIBUTION OF SIX MARINE UNICELLULAR ALGAE IN BATCH CULTURES USED AS FOOD FOR LARVAE OF BIVALVE MOLLUSCS.

The growth and the size frequency distribution of six unicellular marine algae, *Isochrysis* aff *galbana* "Tahiti" nom. prov., *Paulova lutheri* (Droop) Green, *Pseudoisochrysis paradoxa* nom. prov., *Tetraselmis tetrathele* (G.S. West) Butcher, *Chaetoceros calcitrans* (Paulsen) Takano et *Chaetoceros gracilis* Schütt have been studied. Most of these species showed an increase in size during the stationary phase of growth. Because these data and anterior ones were achieved in similar experimental conditions, they were ranked by size and their growth performances discussed. *Chaetoceros calcitrans* forma *pumilum* Takano and *Pseudoisochrysis paradoxa*, the smallest algae, showed the best growth. *Tetraselmis tetrathele*, *Chaetoceros calcitrans* and *Chaetoceros gracilis*, are too large to feed young bivalve veligers ("straight-hinged" stage).

## Résumé

La croissance et le spectre de tailles de six algues unicellulaires de culture, utilisées en éclosérie, *Isochrysis* aff *galbana* "Tahiti" nom. prov., *Paulova lutheri* (Droop) Green, *Pseudoisochrysis paradoxa* nom. prov., *Tetraselmis tetrathele* (G.S. West) Butcher, *Chaetoceros calcitrans* (Paulsen) Takano et *Chaetoceros gracilis* Schütt, ont été étudiés. Une augmentation du volume cellulaire en phase stationnaire a été mise en évidence chez la plupart des algues. Ces résultats et ceux d'une précédente étude, acquis dans les mêmes conditions expérimentales, ont permis la comparaison de la croissance des différentes algues qui ont pu être classées en fonction de leur taille. *Chaetoceros calcitrans* forma *pumilum* Takano et *Pseudoisochrysis paradoxa*, les plus petites, ont les meilleures croissances. *Tetraselmis tetrathele*, *Chaetoceros calcitrans* et *Chaetoceros gracilis*, au vu de leur taille ne peuvent pas servir d'alimentation pour des véligères de mollusques non umbonées (stade D).

## Introduction.

La nutrition est le facteur primordial déterminant le bon déroulement de la vie pélagique des bivalves. Depuis les premiers travaux de COLE (1937), l'utilisation des algues unicellulaires comme principale source alimentaire pour les larves de mollusques a été largement démontrée (CHRETIENNOT-DINET *et al.*, 1986). Parmi la cinquantaine d'espèces nanoplanctoniques testées, seule une dizaine est régulièrement utilisée en éclosérie pour trois raisons : une taille adéquate inférieure à 10  $\mu\text{m}$ , c'est-à-dire inférieure au diamètre de la bouche et de l'œsophage des larves, une relative facilité de culture et une bonne qualité nutritionnelle. Jusqu'à présent, les différentes tentatives effectuées pour remplacer cet apport de phytoplancton par des nourritures inertes, levures, macrophytes broyés, ont échoué (MASSON, 1977 ; EPIFANIO, 1979). L'emploi des microcapsules enrichies semble prometteur (LANGDON et SIEGRIED, 1984), mais à l'heure actuelle, seules les algues produites en culture contiennent tous les éléments propres à satisfaire les besoins nutritionnels des véligères. Malgré cela, les travaux relatifs à la croissance de ces microphytes et à leur taille dans le

contexte particulier d'une éclosion (production de masse) sont fragmentaires. En particulier peu d'études ont été consacrées à la distribution en taille des cellules et à son évolution au cours du temps. Or une première approche de ce problème a montré qu'il y a une augmentation non négligeable du volume cellulaire chez certaines espèces, en phase stationnaire (ROBERT et HIS, sous presse).

Si pour des études d'écophysiologie larvaire (molysmologie, action des facteurs physicochimiques du milieu), il est souhaitable de parvenir à une meilleure connaissance de ces organismes, il est indispensable de définir avec précision les modalités d'évolution des algues utilisées pour des études spécifiques de brouillage (grazing). Les différentes phases de croissance, dans des volumes de production, de six algues utilisées en éclosion, ainsi que les spectres de tailles correspondants ont donc été étudiés.

### Matériels et méthodes.

L'étude a porté sur les six espèces suivantes : *Isochrysis aff galbana* "Tahiti" nom. prov., communément appelée *Isochrysis tahiti* ou *T. Iso*, *Paulova lutheri* (Droop) Green, *Pseudoisochrysis paradoxa* nom. prov., toutes trois appartenant aux Prymnésiophycées, *Tetraselmis tetrathele* (G.S. West) Butcher, Prasinophycée, *Chaetoceros calcitrans* (Paulsen) Takano, et *Chaetoceros gracilis* (Schütt), Bacillariophycées. La description et la représentation schématique de la plupart des espèces ont déjà été présentées par ailleurs (CHRETIENNOT-DINET *et al.*, 1986), aussi, nous ne précisons que les points suivants. Sur le plan morphologique, *Chaetoceros gracilis* se différencie principalement de *Chaetoceros calcitrans* par la structure des soies et par leur implantation. Chez cette dernière, les soies sont fines, droites, implantées à 45°, et leur longueur atteint 4 à 5 fois celle de l'axe apical. Chez *Chaetoceros gracilis*, elles sont aussi longues mais courbées et ne se prolongent pas selon la diagonale du frustule mais parallèlement à l'axe apical. La base de la cellule de *Tetraselmis suecica* (Kylín) Butcher, arrondie, ne présente pas de torsion en vue dorsale, contrairement à *Tetraselmis tetrathele* dont la base est plus effilée.

Les techniques de culture et de production algale ont été décrites par ailleurs (ROBERT et HIS, sous presse), aussi nous n'en évoquons que l'essentiel. La méthode des volumes croissants est utilisée. Les algues sont maintenues sur milieu de Conway en ballons de 6 litres (WALNE, 1956) sous une intensité lumineuse de 3 000 lux, à la température de 20 °C. Les concentrations cellulaires sont mesurées soit au compteur de particules ZB-ZBI, Coultronics, équipé d'un tube à orifice de 100 µm d'ouverture, soit à la cellule de Mallassez pour *Chaetoceros calcitrans* et *Chaetoceros gracilis*. Rappelons qu'en phase exponentielle, le taux journalier de division est égal à :

$$K_e = dN / N \cdot dt \quad (1)$$

où N est la concentration cellulaire de la culture et t le temps (GUILLARD, 1973).

La distribution en volume des cellules est observée parallèlement à l'aide d'un analyseur C 1000, Coultronics, à 100 canaux muni d'une table traçante. Les volumes minimum, moyen et maximum des populations nanoplanctoniques exprimés en µm<sup>3</sup> sont calculés par la formule suivante :

$$V = A \cdot I \cdot K_v \left( BCT + n \frac{ww}{100} \right) \quad (2)$$

où A correspond à la valeur de l'atténuateur, affichée sur le compteur de particules, I est celle du courant d'ouverture, K<sub>v</sub> est la constante propre à l'analyseur, BCT représente le seuil bas de cet appareil, ww est la largeur de la fenêtre d'analyse et n est le numéro du canal où l'on désire acquérir l'information.

Le C 1 000 permet d'obtenir une distribution en volume. Si l'on assimile chacune des cellules algales à une sphère, la taille de la population peut être estimée par la formule suivante :

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}} \quad (3)$$

Pour chaque espèce, six cultures ont été suivies pendant une durée variant de vingt-cinq à cinquante jours. Les valeurs obtenues ont permis l'établissement des courbes de croissance moyenne. Pour chaque souche, la distribution en volume de la population était analysée tous les deux ou trois jours. Le spectre de répartition présenté dans les figures, pour chaque espèce, correspond à l'évolution de l'une d'entre elles. Les phénomènes décrits, plus ou moins marqués chez les différentes souches d'une même algue, ont été observés dans toutes les cultures.

## Résultats.

### *Isochrysis aff galbana* "Tahiti" (fig. 1 et 2).

L'établissement de la croissance moyenne (fig. 1) met en évidence une phase de latence de 2 jours, une phase exponentielle de 12 jours, une phase stationnaire supérieure à 35 jours, à l'issue de laquelle la plupart des cellules sont toujours mobiles. Le temps de division, d'après la formule (1) est égal à :

$$K = \frac{3.32}{14-2} \cdot \log \frac{15,2}{1,40} = 0,286$$

Quinze mesures effectuées sur le même échantillon ont permis de constater une bonne reproductibilité du spectre ; il n'y a pas de variation en fonction de l'âge de la souche. L'analyse du volume cellulaire d'une même culture en fonction du temps permet de constater qu'il n'y a pas de changement notable du volume moyen de la population pendant les 14 premiers jours, c'est-à-dire pendant la phase exponentielle de croissance (fig. 2). La distribution est unimodale, peu étendue. Le volume minimum est de  $15 \mu\text{m}^3$  ( $D = 3,00 \mu\text{m}$ ), le volume moyen est de  $40 \mu\text{m}^3$  ( $D = 4,20 \mu\text{m}$ ) et le volume maximum de  $100 \mu\text{m}^3$  ( $D = 5,80 \mu\text{m}$ ), d'après les formules (2) et (3). A partir du 21<sup>e</sup> jour (phase stationnaire), on observe un léger décalage du spectre vers les valeurs supérieures qui correspond à une augmentation du volume cellulaire. Ce phénomène progressif s'accroît au cours du temps. La courbe de distribution s'étale. Ainsi après 49 jours de culture, le volume minimum est de  $20 \mu\text{m}^3$  ( $D = 3,40 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $65 \mu\text{m}^3$  ( $D = 5,00 \mu\text{m}$ ) et le volume maximum de  $145 \mu\text{m}^3$  ( $D = 6,50 \mu\text{m}$ ).

### *Paulova lutheri* (fig. 1 et 2).

L'établissement de la courbe de croissance moyenne met en évidence une phase de latence de 2 jours, une phase exponentielle de 12 jours, une phase stationnaire d'au moins 36 jours. A l'issue de 50 jours de culture, les cellules sont toujours mobiles. Le temps de division est égal à :  $K = 0,245$ . Tout comme *Isochrysis aff galbana* "Tahiti", une bonne reproductibilité du spectre de taille de la population, quel que soit l'âge de la souche, a été observée. L'analyse du volume cellulaire d'une même culture en fonction du temps montre qu'il n'y a pas de changement dans la distribution pendant les dix premiers jours, c'est-à-dire en phase exponentielle. La population est unimodale, très peu étendue. Le volume minimum est de  $15 \mu\text{m}^3$  ( $D = 3,00 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $30 \mu\text{m}^3$  ( $D = 3,85 \mu\text{m}$ ) et le volume maximum de  $80 \mu\text{m}^3$  ( $D = 5,35 \mu\text{m}$ ). A partir du 14<sup>e</sup> jour en fin de phase exponentielle, une augmentation progressive du volume cellulaire est notée. Ce phénomène s'accroît au cours du temps et la courbe de distribution s'étale. Ainsi, au 47<sup>e</sup> jour de culture, le volume minimum est de  $20 \mu\text{m}^3$  ( $D = 3,40 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $55 \mu\text{m}^3$  ( $D = 4,30 \mu\text{m}$ ) et le volume maximum de  $110 \mu\text{m}^3$  ( $D = 6,00 \mu\text{m}$ ).

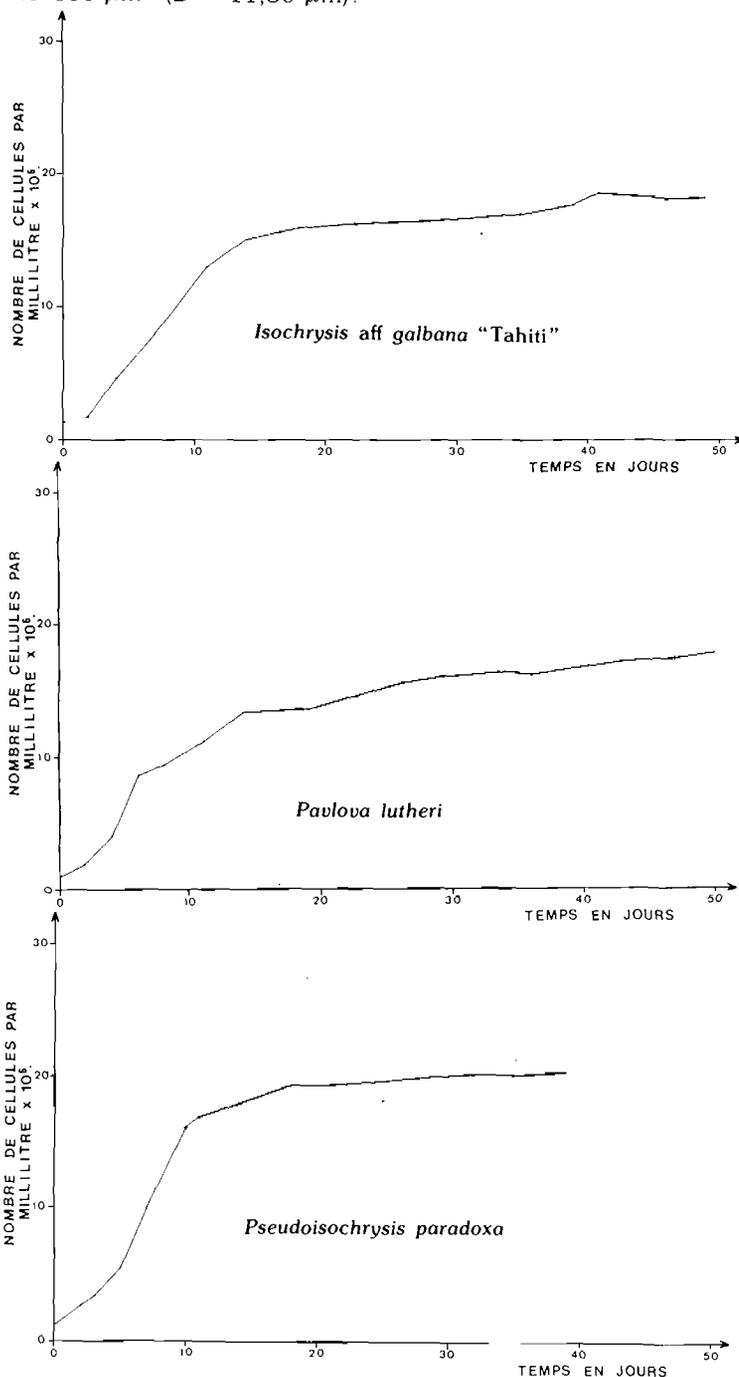
### *Pseudoisochrysis paradoxa* (fig. 1 et 2).

L'établissement de la courbe moyenne de croissance permet d'observer une phase exponentielle d'une durée de dix jours et une phase stationnaire d'au moins trente jours, à l'issue de laquelle les cellules sont toujours mobiles. La phase de latence n'a pas été mise en évidence. Le temps de division est égal à :  $K = 0,375$ . Là encore, une bonne reproductibilité du spectre de taille de la population, quel que soit l'âge de la souche, a été observée. L'analyse du volume cellulaire d'une même culture en fonction du temps montre qu'il n'y a pas de changement notable de la taille des cellules quelle que soit la phase de croissance considérée. Les quelques fluctuations observées sont minimales et de plus sont variables. Un volume cellulaire constant est donc bien la tendance générale. La distribution est unimodale, très resserrée. Le volume minimum est de  $9 \mu\text{m}^3$  ( $D = 2,50 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $25 \mu\text{m}^3$  ( $D = 3,65 \mu\text{m}$ ), le volume maximum de  $60 \mu\text{m}^3$  ( $D = 4,85 \mu\text{m}$ ).

### *Tetraselmis tetrathele* (fig. 2 et 3).

L'établissement de la courbe de croissance moyenne met en évidence une phase de latence de 2 jours, une phase exponentielle de 13 jours, une phase stationnaire d'une durée minimale de 31 jours. La légère chute observée à partir du 42<sup>e</sup> jour de culture n'est pas suffisamment accentuée pour caractériser la phase de sénescence. Là encore, après 45 jours de culture, la plupart des cellules sont mobiles. Le temps de division est égal à :  $K = 0,280$ . Tout comme *Tetraselmis suecica*, plusieurs mesures successives réalisées sur le même échantillon ne permettent pas la reproductibilité du spectre de taille. Le même protocole expérimental que celui employé avec *T. suecica* a été appliqué, à savoir seules les deux premières mesures,

aussitôt après dilution, ont été prises en compte. En phase exponentielle, il n'y a pas de changement notable de la distribution. Le volume minimum est de  $80 \mu\text{m}^3$  ( $D = 5,35 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $180 \mu\text{m}^3$  ( $D = 7,00 \mu\text{m}$ ), le volume maximum de  $450 \mu\text{m}^3$  ( $D = 9,55 \mu\text{m}$ ). En fin de phase exponentielle et en phase stationnaire, on assiste à un déplacement progressif vers les valeurs supérieures. Ainsi, le volume moyen passe respectivement à  $250 \mu\text{m}^3$  au 21<sup>e</sup> jour de culture, à  $300 \mu\text{m}^3$  au 34<sup>e</sup> jour et à  $400 \mu\text{m}^3$  au 46<sup>e</sup> jour. A cette dernière date, le volume minimum est de  $150 \mu\text{m}^3$  ( $D = 6,60 \mu\text{m}$ ) et le volume maximum de  $800 \mu\text{m}^3$  ( $D = 11,50 \mu\text{m}$ ).



*Chaetoceros calcitrans* (fig. 2 et 3).

Des écarts importants entre les densités cellulaires mesurées au compteur de particules et à la cellule de Malassez ont été observés. L'établissement de la courbe de croissance moyenne a donc été réalisé à partir des données acquises à la cellule de Malassez. Une phase de latence de quatre jours est mise en évidence, suivie d'une phase exponentielle de 7 jours, puis d'une phase stationnaire de 15 jours. La phase de dégénérescence des cultures apparaît au 29<sup>e</sup> jour. Le temps de division est égal à :  $K = 0,331$ . Une assez bonne reproductibilité du spectre de tailles de la population est observée chez les jeunes souches. Chez les algues plus âgées, en phase stationnaire, des mesures successives réalisées sur le même échantillon donnent lieu à des distributions différentes. De ce fait, seules les deux premières mesures obtenues aussitôt après dilution ont été prises en compte tout au long de l'étude.

L'analyse du volume cellulaire d'une même culture en fonction du temps met en évidence des variations de la distribution. Jusqu'au 6<sup>e</sup> jour on observe une diminution du volume cellulaire, puis ultérieurement, une augmentation progressive. Cette dernière s'accompagne d'une modification morphologique des cellules ; progressivement, la plupart d'entre elles prennent la forme d'un anneau. Malgré ces fluctuations, on peut estimer que pendant les phases de latence et exponentielle, le volume cellulaire minimum est de l'ordre de  $40 \mu\text{m}^3$  ( $D = 4,25 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $80$  à  $100 \mu\text{m}^3$  ( $5,35 \mu\text{m} \leq D \leq 5,75 \mu\text{m}$ ), le volume maximum de  $180 \mu\text{m}^3$  ( $D = 7,00 \mu\text{m}$ ). En fin de phase stationnaire, le volume cellulaire minimum est de  $75 \mu\text{m}^3$  ( $D = 5,20 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $200 \mu\text{m}^3$  ( $D = 7,25 \mu\text{m}$ ), le volume maximum de  $380 \mu\text{m}^3$  ( $D = 9,00 \mu\text{m}$ ).

FIG. 1. — Courbes de croissance moyenne de cultures d'*Isochrysis aff galbana* "Tahiti", de *Pavlova lutheri* et de *Pseudoisochrysis paradoxa* en ballon de six litres sur milieu de Conway.

Average growth of tropical 6 1 culture of *Isochrysis aff galbana* "Tahiti", *Pavlova lutheri* and *Pseudoisochrysis paradoxa* on Conway medium.

*Chaetoceros gracilis* (fig. 2 et 3).

Là encore des écarts importants entre les valeurs obtenues au compteur de particules et à la cellule de Malassez ont été observés ; les densités cellulaires ont donc été mesurées à la cellule de Malassez. Une phase de latence de 2 jours suivie d'une phase exponentielle de 5 jours, puis d'une phase stationnaire de 14 jours. La dégénérescence de la culture se produit au bout de trois semaines. Le taux de division est égal à :  $K = 0,255$ . Comparativement à *Chaetoceros calcitrans* une meilleure reproductibilité du spectre est observée quel que soit l'âge de la souche, mais des fluctuations ont parfois été notées. Aussi, seules les deux premières mesures ont été prises en considération. Il n'y a pas de changement notable de la distribution en phase exponentielle ou stationnaire. Le volume cellulaire minimum est de  $35 \mu\text{m}^3$  ( $D = 4,05 \mu\text{m}$ ), le volume moyen de  $75 \mu\text{m}^3$  ( $D = 5,25 \mu\text{m}$ ) et le volume maximum de  $175 \mu\text{m}^3$  ( $D = 7,00 \mu\text{m}$ ). Tout comme chez *Chaetoceros calcitrans* forma *pumilum*, la phase de sénescence se traduit par une augmentation importante des particules dans les premiers canaux. La distribution prend alors l'allure d'une courbe exponentielle.

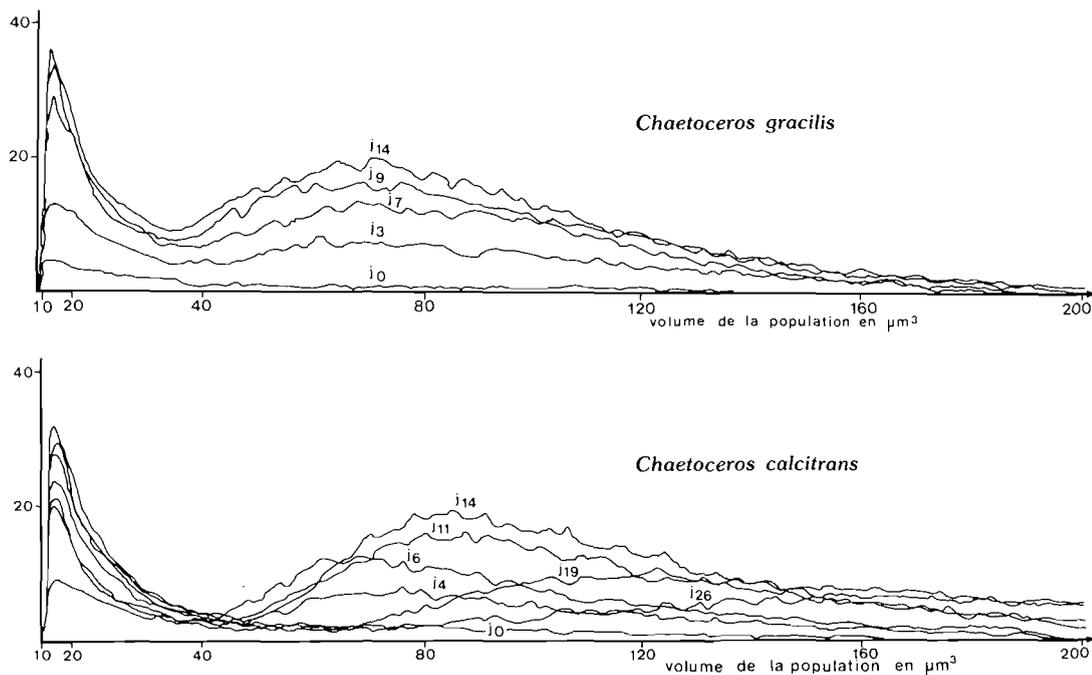


FIG. 2. — (1<sup>re</sup> partie) Distribution du volume cellulaire de chacune des 6 algues étudiées en fonction du temps (*J* correspond au *n*ème jour de culture ; dilution au 1/100<sup>e</sup> à l'exception de *Tetraselmis tetraathele* où la dilution est au 1/20<sup>e</sup>).  
Volume frequency distributions of typical culture of 6 unicellular marine algae (*J* : *n*<sup>th</sup> day of culture ; dilution 1/100 except for *Tetraselmis tetraathele* : 1/20).

**Discussion et Conclusion.**

La taille des algues unicellulaires peut varier en fonction de la salinité (DOR, 1985), de la luminosité (WITT *et al.*, 1981) et de la composition chimique des milieux de culture (LAING, 1986). Les données concernant les volumes cellulaires exposées dans ce travail ne peuvent donc être interprétées en tant que valeurs absolues. En revanche, les phénomènes décrits, concernant l'évolution des volumes cellulaires en fonction du temps, sont représentatifs. De même, ces résultats ayant été acquis dans des conditions expérimentales similaires, il est possible de comparer les performances de croissance entre les différentes espèces et d'ordonner celles-ci en fonction de leur taille (tabl. 1).

Chez les Prymnésiophycées, *Pseudoisochrysis paradoxa* présente la meilleure croissance et la plus petite taille. Des concentrations supérieures à  $1,5 \cdot 10^7$  cellules .  $\text{ml}^{-1}$  sont fréquemment obtenues en dix jours de culture. Si ses performances de croissance sont intéressantes, cette souche est cependant assez fragile, la dégénérescence de la culture pouvant survenir brusquement. *Pavlova lutheri* se place en position intermé-

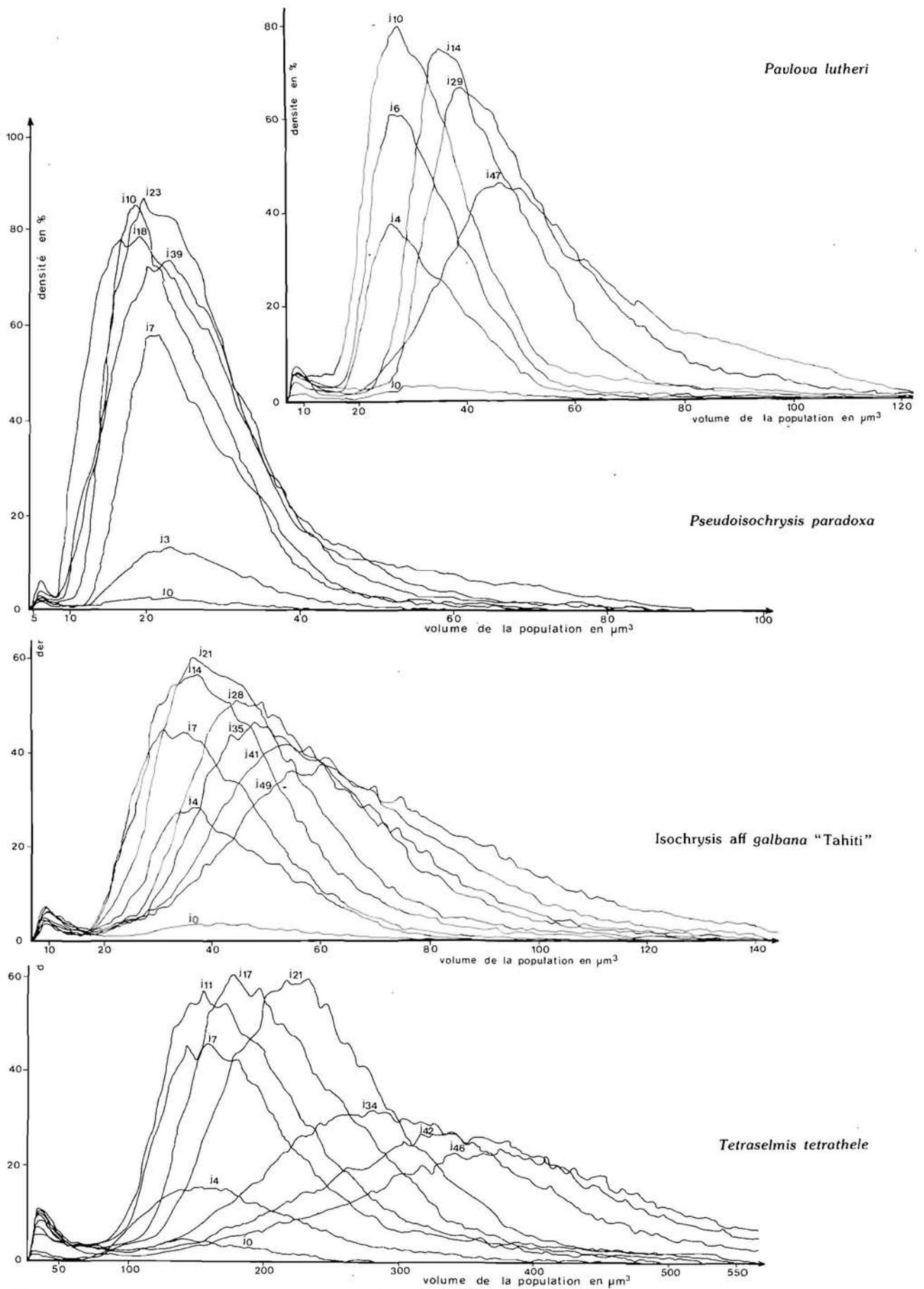


FIG. 2. — (suite).

diaire entre *Pseudoisochrysis paradoxa* et *Isochrysis galbana* Parke, tant sur le plan de la croissance que sur celui de la taille. Cette espèce est plus petite qu'*Isochrysis galbana* mais se caractérise par un taux de division plus faible. Ainsi, après dix jours de culture, les concentrations cellulaires sont de l'ordre de  $10^7 \cdot \text{ml}^{-1}$ . ( $1,3 \cdot 10^7 \cdot \text{ml}^{-1}$  pour *Isochrysis galbana*).

Si de plus faibles densités cellulaires sont observées en phase stationnaire chez *Isochrysis aff galbana* "Tahiti", sa croissance exponentielle est analogue à celle d'*Isochrysis galbana*. Pour une température proche de 20 °C, les taux de division sont du même ordre, confirmant les observations de EWART et PRUDER (1981). Ainsi, après dix jours de culture, les concentrations cellulaires sont voisines de  $1,2 \cdot 10^7 \cdot \text{ml}^{-1}$ . En ce qui concerne les volumes cellulaires, aucune différence n'a été notée entre ces deux algues. Ces résultats vont dans le sens des observations de GREEN (CHRETIENNOT-DINET, comm. pers.), qui considère cette espèce comme une race physiologique d'*Isochrysis galbana*. En conséquence, entre 18 et 20 °C, l'utilisation préférentielle d'*Isochrysis aff galbana* "Tahiti" est discutable, mais la production de cette espèce à des températures plus élevées devient intéressante puisqu'elle peut être cultivée jusqu'à 30-32 °C (EWART et PRUDER, 1981).

En ce qui concerne les Prasinophycées, *Tetraselmis tetrathele* présente une meilleure croissance que *Tetraselmis suecica*. D'autre part, le volume cellulaire de cette dernière est plus important. Lorsque l'on assimile la cellule algale à une sphère, une différence d'un micron est notée entre ces deux espèces. Si en valeur absolue cet écart peut paraître minime, il faut se rappeler que les larves de mollusques ne peuvent ingérer que des particules d'un diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$ , la taille précise des proies dépendant de l'espèce considérée et de l'âge des véligères. Ainsi les jeunes larves de *Crassostrea gigas*, qui mesurent environ 70  $\mu\text{m}$  après l'embryogénèse, sont incapables d'ingérer *Tetraselmis suecica* pendant les six premiers jours de leur vie pélagique (HELM et MILLICAN, 1977). La bonne qualité nutritionnelle de *Tetraselmis tetrathele* pour des véligères umbonées de *Crassostrea gigas* a été mise en évidence (HIS et ROBERT, sous presse). Sa qualité alimentaire, ses performances de croissance, sa bonne tenue en culture, sa plus petite taille et l'origine locale de cette souche (isolée du bassin d'Arcachon) nous ont amenés à la substituer à *Tetraselmis suecica* pour la conduite des élevages larvaires, lorsque les véligères présentent une taille supérieure ou égale à 120  $\mu\text{m}$ . D'autre part, sa production dans des sacs en polyéthylène de 50 litres est à ce jour très satisfaisante. Aussi, *Tetraselmis tetrathele* est-elle utilisée en routine pour le conditionnement des géniteurs.

En ce qui concerne les Bacillariophycées, *Chaetoceros calcitrans* forma *pumilum* présente la meilleure croissance. De toutes les espèces testées son taux de division est le plus important. En dix jours, les concentrations cellulaires avoisinent  $2 \cdot 10^7 \cdot \text{ml}^{-1}$ . Sur le plan de la taille c'est, avec *Pseudoisochrysis paradoxa*, la plus petite algue, mais le spectre de répartition de sa population est plus étalé. La croissance de *Chaetoceros calcitrans* est bien plus faible que celle de *C. calcitrans* forma *pumilum*. En dix jours, des concentrations de l'ordre de  $7 \cdot 10^6$  cellules  $\cdot \text{ml}^{-1}$  sont atteintes, ne représentant donc que le tiers de celles obtenues avec la forme *pumilum*. Le volume cellulaire moyen, en phase exponentielle, de cette espèce est environ cinq fois supérieur à la forme *pumilum*. Si l'on assimile cette algue à une sphère, sa taille moyenne et sa taille maximale, en phase exponentielle de croissance, sont respectivement égales à 5,5  $\mu\text{m}$  et 7,00  $\mu\text{m}$  correspondant aux valeurs minimum observée chez *Tetraselmis tetrathele*. De plus, le spectre de répartition de cette espèce est très étalé, ce qui indique la présence de cellules de grandes tailles en nombre non négligeable.

L'ingestion de *Chaetoceros calcitrans* par les jeunes véligères est donc difficile. Les faibles croissances larvaires de *Crassostrea gigas* que nous avons obtenues avec cette algue peuvent ainsi être expliquées. Par contre, son utilisation chez des larves umbonées semble donner des résultats satisfaisants (LE BORGNE, comm. pers.). La forme *pumilum* présente, quant à elle, des caractéristiques physiques la rendant accessible pour des jeunes larves. Elle possède en outre une excellente qualité nutritionnelle comparable à celle d'*Isochrysis galbana*.

Bien qu'utilisée depuis peu en routine dans de nombreuses nurseries de mollusques, les données sur la croissance de *Chaetoceros gracilis* sont peu abondantes dans la littérature. Sa croissance est moins importante que celle obtenue avec *Chaetoceros calcitrans*. Ainsi, en dix jours, les concentrations cellulaires sont de l'ordre de  $5 \cdot 10^6 \cdot \text{ml}^{-1}$ . Malgré cela, cette algue est intéressante puisqu'elle peut être facilement cultivée en grands volumes (AQUACOP, 1983 ; LE BORGNE, comm. pers.). D'autre part, comme *Isochrysis aff galbana* "Tahiti", sa production pour des températures supérieures à 22 °C est intéressante puisque cette espèce tropicale peut être cultivée jusqu'à 30 °C (ENRIGHT *et al.*, 1986 a). Enfin, sur un plan nutritionnel, sa haute valeur alimentaire a été récemment démontrée sur des juvéniles d'*Ostrea edulis* (ENRIGHT *et al.*, 1986 a ; 1986 b). Malgré un volume cellulaire légèrement inférieur à celui de *C. calcitrans*, son utilisation pour la nutrition des jeunes stades larvaires n'est pas conseillée. Par contre, tout comme *C. calcitrans*, elle peut servir d'alimentation pour les véligères umbonées.

Ce travail confirme nos précédentes observations, à savoir que la majorité des espèces présentent en phase stationnaire une augmentation de leur volume cellulaire. En phase exponentielle, ce dernier est cons-

CLASSE	ESPÈCE	TAUX DE DIVISION K	VOLUMES CELLULAIRES EN PHASE EXPONENTIELLE EN $\mu\text{m}^3$		
			Minimum	Moyen	Maximum
Prymnesiophyceae	<i>Pseudoisochrysis paradoxa</i>	0,375	9	25	60
	<i>Paulova lutheri</i>	0,245	15	30	80
	<i>Isochrysis galbana</i>	0,302	15	40	100
	<i>Isochrysis aff galbana</i>	0,286	15	40	100
Prasinophyceae	<i>Tetraselmis tetrathele</i>	0,280	80	180	450
	<i>Tetraselmis suecica</i>	0,236	100	240	550
Bacillariophyceae	<i>Chaetoceros calcitrans</i> forma <i>pumilum</i>	0,393	5	23	70
	<i>Chaetoceros gracilis</i>	0,255	35	75	175
	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	0,331	40	80-100	180

TABLE 1. — Taux de division et volumes cellulaires en phase exponentielle de neuf algues nanoplanctoniques en culture non renouvelée sur milieu de Conway.

Division rates and volume frequency distributions during the exponential phase of growth of batch cultures of nine unicellular marine algae on Conway's medium.

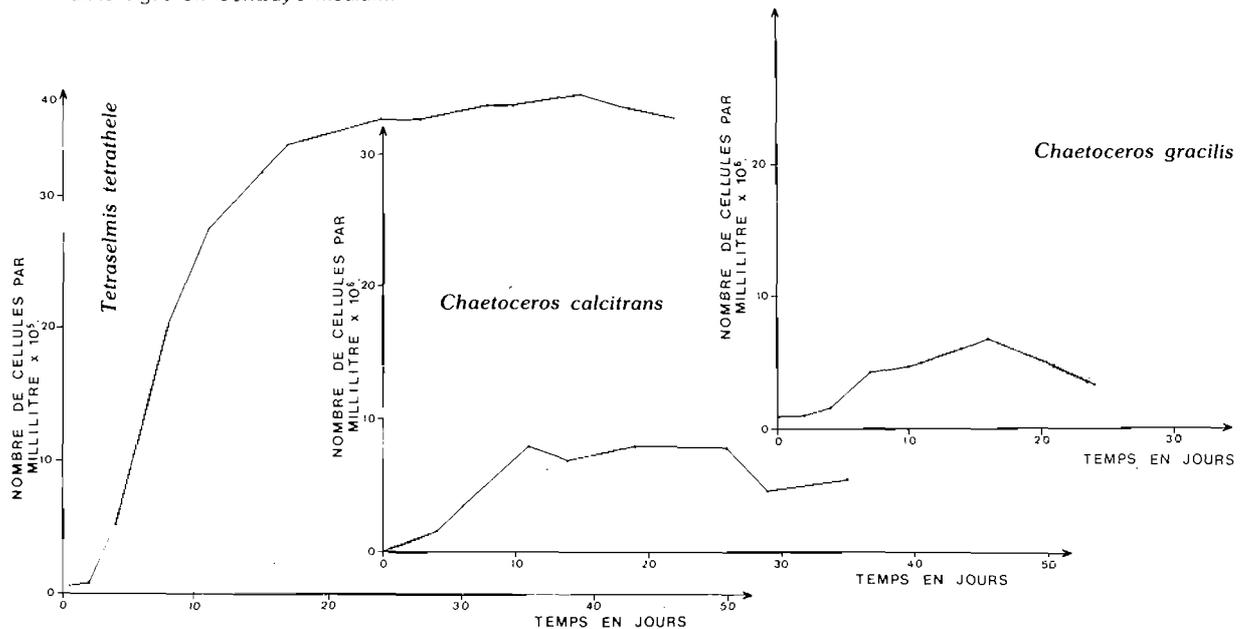


FIG. 3. — Courbes de croissance moyenne de culture de *Tetraselmis tetrathele*, de *Chaetoceros calcitrans* et de *Chaetoceros gracilis* en ballon de six litres sur milieu de Conway.

Average growth of typical 6 l culture of *Tetraselmis tetrathele*, *Chaetoceros calcitrans* and *Chaetoceros gracilis* with Conway medium.

tant, excepté chez *Chaetoceros calcitrans* où une diminution de celui-ci est souvent observée. D'autre part, la non-reproductibilité des spectres de distribution sur un même échantillon observée chez les Prasinophycées et, dans certains cas, chez *Chaetoceros calcitrans*, nous amène à déconseiller l'utilisation de ces espèces pour des études spécifiques de broutage (grazing).

#### BIBLIOGRAPHIE

- AQUACOP, 1983. — Algal food cultures at the centre océanologique du pacifique in CRC Handbook of Mariculture : Crustacean Aquaculture. vol. 1 ; J.P. McVey Dir. — CRC Press Inc., Edit. 3-14.
- CHRETIENNOT-DINET (M.-J.), ROBERT (R.) et HIS (E.), 1986. — Utilisation des « algues fourrages » en aquaculture. — *Ann. Biol.*, 25 (2) : 97-119.
- COLE (H.A.), 1937. — Experiments in the breeding of oysters (*Ostrea edulis*) in tanks with special reference to the food and the larvae and spat. — *Fish. Invest.*, Londres, Sér. II, 15, 1-24.
- DOR (I.), 1985. — Long lasting effect of dilution on the cell volume, motility, division rate and vertical distribution of *Dunaliella parva* Lerche. — *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 91 : 183-197.
- ENRIGHT (C.T.), NEWKIRK (G.F.), CRAIGIE (J.S.) et CASTELL (J.D.), 1986 a. — Evaluation of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. — *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 96 : 1-13.
- 1986 b. — Growth of juvenile *Ostrea edulis* L. fed *Chaetoceros gracilis* Schütt of varied chemical composition. — *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 96 : 15-26.
- EPIFANIO (C.E.), 1979. — Comparison of yeast and algal diet for bivalve molluscs. — *Aquaculture*, 16 : 187-192.
- EWART (J.W.) et PRUDER (G.D.), 1981. — Comparative growth of *Isochrysis galbana* Parke and *Isochrysis aff galbana* clone T-ISO at four temperatures and three light intensities. — *J. World Maricul. Soc.*, 12 : 333-339.
- GUILLARD (R.R.L.), 1973. — Division rates in Handbook of Phycological Methods : Culture Methods and Growth Measurements. J.R. Stein Dir. — Cambridge University Press, Edit. 289-293.
- HELM (M.M.) et MILLICAN (P.F.), 1977. — Experiments in the hatchery of Pacific oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). — *Aquaculture*, 11, 1-12.
- HIS (E.) et ROBERT (R.), 1987. — Croissance des larves de *Crassostrea gigas* et de *Mytilus galloprovincialis* en présence d'algues monocellulaires isolées du tractus digestif des véligères du milieu naturel : *Nannochloris atomus*, *Stichococcus bacillaris*, *Chlamydomonas bullosa* et *Tetraselmis tetrahele*. — *Haliotis*, 16 : sous presse.
- LANGDON (C.J.) et SIEGFRIED (C.A.), 1984. — Progress in the development of artificial diets for bivalve filter feeders. — *Aquaculture*, 39 : 135-153.
- LAING (I.), 1985. — Growth response of *Chaetoceros calcitrans* (Bacillariophyceae) in batch culture to a range of initial silica concentrations. — *Mar. Biol.*, 85 : 79-86.
- MASSON (M.), 1977. — Observations sur la nutrition des larves de *Mytilus galloprovincialis* avec des aliments inertes. — *Mar. Biol.*, 40 : 157-164.
- ROBERT (R.) et HIS (E.), 1987. — Croissance et spectre de taille de trois algues en culture non renouvelée, utilisées pour la nutrition de larves de bivalves en éclosérie. — *Haliotis*, 17 : sous presse.
- WITT (U.), KOSKE (P.H.), KUHLMANN (D.), LENZ (J.) et NELLEN (W.), 1981. — Production of *Nannochloris spec.* (Chlorophyceae) in large-scale outdoor tanks and its use as a food organism in marine aquaculture. — *Aquaculture*, 23 : 171-181.
- WALNE (P.R.), 1956. — Experimental rearing of the larvae of *Ostrea edulis* L. in the laboratory. — *Fish. Invest.*, Londres, Sér. 2, 20, 1-23.

Manuscrit soumis le 27-5-1987, accepté le 21-9-1987.